

تحلیل احتمالاتی خصوصیات مکانی شدت خشکسالی در استان تهران

حمیده حسینی صفا^۱ و * سعید مرید^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی منابع آب، دانشگاه تربیت مدرس، ^۲ دانشیار گروه مهندسی منابع آب دانشگاه تربیت مدرس
تاریخ دریافت: ۸۶/۱۱/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۷/۱۶

چکیده

از مهمترین اجزاء رفتاری خشکسالی ویژگی‌های شدت- وسعت خشکسالی می‌باشد و براساس آن تمهیدات لازم برای برخورد و کاستن از اثرات آن فراهم می‌گردد. در این مقاله وضعیت خشکسالی در استان تهران از دیدگاه شدت و وسعت و با استفاده از منحنی‌های شدت- مساحت- فراوانی (SAF) و شاخص بارندگی استاندارد شده سه ماهه (SPI) مورد ارزیابی قرار گیرد. بدین منظور نقشه‌های ماهانه خشکسالی طی سال‌های ۵۰-۱۳۴۹، ۶۱-۱۳۶۰ و ۶۸-۱۳۶۷ دوره بازگشتی حدود ۳ تا ۵ سال، شده‌است. نتایج نشان داد که خشکسالی سال‌های ۵۰-۱۳۴۹، ۶۱-۱۳۶۰ و ۶۸-۱۳۶۷ دوره بازگشتی حدود ۳ تا ۵ سال، خشکسالی‌های ۶۹-۱۳۶۸، ۷۸-۱۳۷۷ و ۷۹-۱۳۷۸، دوره بازگشت ۱۰ تا ۲۰ سال در آخر خشکسالی سال ۷۶-۱۳۷۵ که شدیدترین سال خشک در دوره مورد مطالعه بوده‌است، دوره بازگشت صد ساله را داشته‌است. نتایج حاصل می‌تواند الگو مناسبی از رفتار مکانی خشکسالی در استان باشد، هر چند در تفسیر آنها توجه به رفتار مکانی خشکسالی در هر ماه نیز ضروری است.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، منحنی شدت- مساحت- فراوانی، SPI، استان تهران

مقدمه

خشکسالی یک پدیده محیطی است که همواره خسارات فراوانی را بر اقتصاد جوامع به دنبال داشته‌است. قبل از هرگونه اقدام برای مقابله و آمادگی در مقابل این بلای طبیعی، شناخت آن از مقدماتی‌ترین مراحل می‌باشد. از مهم‌ترین اجزاء رفتاری خشکسالی ویژگی‌های شدت- وسعت خشکسالی می‌باشد و براساس آن است که تمهیدات لازم برای برخورد و کاستن از اثرات آن فراهم می‌گردد.

تهیه منحنی‌های شدت- مساحت- فراوانی (روسی و همکاران، ۱۹۹۲) ابزار کارآمدی برای تحلیل‌هایی از این نوع می‌باشد که در تحقیقات مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌است. سانتوس و همکاران (۲۰۰۰) با استفاده از این روش به بررسی منطقه‌ای خشکسالی در غرب اروپا پرداختند. آنها برای استخراج منحنی‌های فوق مدل توزیع منطقه‌ای خشکسالی و هیسدال و تالاکسن (۲۰۰۳) روش محاسبه احتمال تحت تأثیر قرار گرفتن یک منطقه توسط خشکسالی هواشناسی و یا هیدرولوژیکی با شدت معین را ارائه نمودند. آنها داده‌های بارندگی و جریان رودخانه را با استفاده از روش مونت کارلو به طول ۱۰۰۰ سال

خشکسالی کشاورزی معمولاً براساس بررسی رابطه همبستگی بین عملکرد محصولات کشاورزی و مقدار شاخص‌ها به انجام می‌رسد که نمونه‌ای از آن توسط کویرینگ و پاپک ریاکو (۲۰۰۳) و ارشد و همکاران (۲۰۰۷) به انجام رسیده‌است. اما به دلیل این که آمار در منطقه مطالعاتی (استان تهران) موجود نمی‌باشد شاخص بارندگی استاندارد شده یا SPI سه ماهه مبنای قرار گرفت (وو و همکاران، ۲۰۰۴؛ و میسرا و دسای، ۲۰۰۶).

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی: آب و هوای استان تهران تحت تأثیر سامانه‌های مختلف هواشناسی که از مهم‌ترین آنها سامانه‌های کم‌فشار مدیترانه‌ای و سودانی است، قرار دارد. هر قدر تواتر این سامانه‌ها روی منطقه کمتر باشد از میزان بارش سالانه کاسته شده و در نتیجه باعث خشکسالی و کم‌آبی می‌گردد. تأثیر نداشتن این سامانه‌ها زمانی محقق می‌گردد که پرفشاری بر روی استان مستقر گردد و مانع از انتقال سامانه مزبور شود. در شرایطی که پرفشار جنب حاره بر روی کشور حاکم باشد، خشکسالی‌هایی مانند سال‌های ۷۸-۱۳۷۷ تا ۸۰-۱۳۷۹ رخ می‌دهد.

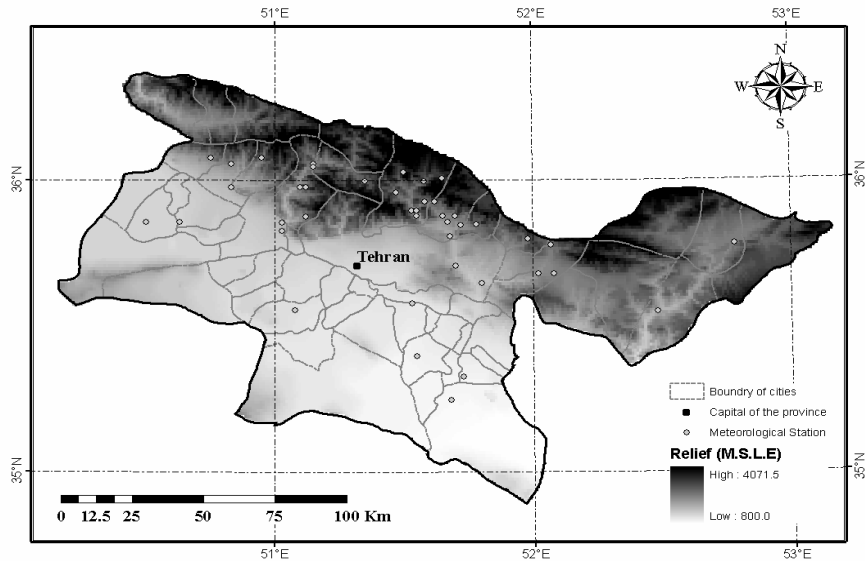
برای این تحقیق ۹۳ ایستگاه، متعلق به وزارت نیرو و سازمان هواشناسی در سطح استان شناسایی که از این مجموع ۴۳ ایستگاه که قدمت لازم را داشتند. آمار این ایستگاه‌ها پس از تکمیل و تصحیح با روش‌های رگرسیون و منحنی جرم مضاعف و همسان‌سازی تقویم، به یک پایه مشترک زمانی ۴۹-۱۳۴۸ تا ۸۴-۱۳۸۳ ارتقاء یافتند. همچنین ایستگاه‌های سینوپتیک سمنان و قزوین نیز به این مجموعه اضافه شد (شکل ۱).

شبه‌سازی نموده و سپس تابع توزیع احتمال مناطق تحت تأثیر خشکسالی و مقدار کمبودها را استخراج و با استفاده از این داده‌ها، منحنی‌های SAF^۱ را تهیه کردند. لوکاس و وسیلیادس (۲۰۰۴) نیز مشخصات مکانی و زمانی خشکسالی را برای منطقه تسالی یونان به دست آوردند. این محققین شدت خشکسالی را با شاخص SPI^۲ برای هر ماه محاسبه و برای تحلیل مکانی، نقشه‌های ماهانه خشکسالی را تهیه نمودند، سپس با میانگین‌گیری از نقشه‌های ماهانه، نقشه‌های سالانه و تجمعی سالانه را به دست آورده و با برازش توزیع‌های آماری بر روی اطلاعات این نقشه‌ها، منحنی‌های شدت-مساحت-فراوانی را برای دو حالت تجمعی و غیرتجمعی ترسیم کردند.

برای تحلیل‌های مکانی خشکسالی که بخشی از موضوع این مقاله می‌باشد، نحوه برون‌یابی و تبدیل اطلاعات نقطه‌ای ایستگاه‌ها به نقشه، اهمیت زیادی دارد. در تحقیقی که توسط مرید و همکاران (۲۰۰۴) و اختری و همکاران (۲۰۰۷) انجام شد و روش‌های مختلف زمین آماری شامل: تیسسن، عکس مجذور فاصله (IDW)^۳، اسپیلاین TPSS^۴ و کریجینگ^۵ مورد ارزیابی قرار گرفت و نهایتاً نشان داده شد که روش عکس مجذور فاصله ضمن سادگی نتایج قابل قبولی را داشته‌است.

با توجه به مقدمه فوق، هدف از این تحقیق مروری بر خشکسالی‌های گذشته استان تهران و تحلیل مکانی-احتمالاتی آنها می‌باشد که می‌تواند کاربردی اساسی برای تدوین طرح‌های مقابله با خشکسالی باشد. اما از آنجایی که تأکید تحقیق بر خشکسالی‌های کشاورزی بوده است، تلاش شد تا شاخص‌های مناسب در این خصوص مورد ارزیابی قرار گیرد. انتخاب شاخص مناسب پایش

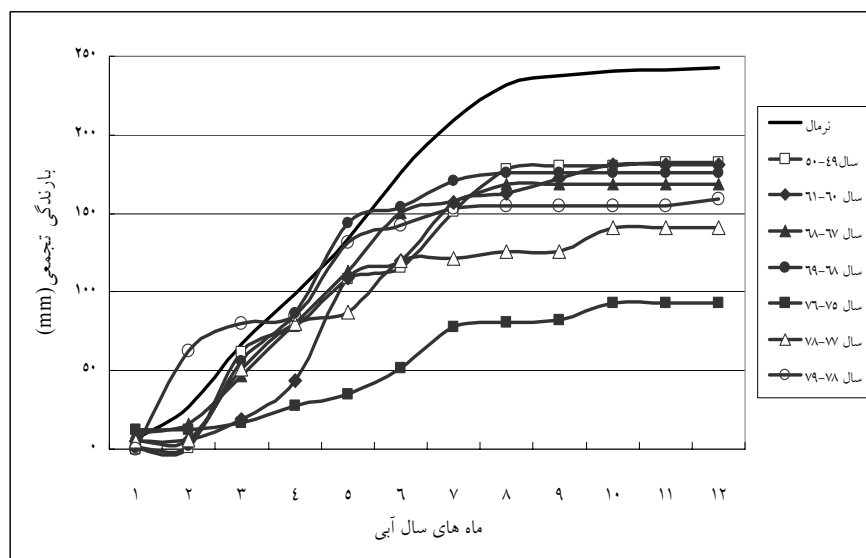
- 1- Severity- Area- Frequency
- 2- Standardized Precipitation Index
- 3- Inverse Distance Weighted
- 4- Thin Plate Smoothing Spline
- 5- Kriging



شکل ۱- موقعیت محدوده استان تهران و ایستگاه‌های مورد استفاده.

تجمعی بارندگی ماهانه در سطح کل استان محاسبه گردید و کلیه آنها با منحنی بارندگی تجمعی استان مقایسه شد که ۷ سال آبی ۱۳۴۹-۵۰، ۱۳۶۰-۶۱، ۱۳۶۷-۶۸، ۱۳۶۸-۶۹، ۱۳۷۵-۷۶، ۱۳۷۷-۷۸ و ۱۳۷۸-۷۹ به‌عنوان شدیدترین سال‌های آبی خشک (DHY)^۱ انتخاب شدند (شکل ۲).

از آنجا که در این تحقیق، هدف تحلیل مکانی خشکسالی‌های شاخص در استان تهران می‌باشد، لازم بود در ابتدا خشکسالی‌های شاخص طی دوره آماری شناسایی گردند. برای این منظور بارندگی ماهانه ثبت شده در طول ۳۵ سال دوره آماری ۴۵ ایستگاه بررسی و میانگین



شکل ۲- بارندگی تجمعی برای سال‌های خشک و متوسط کل سطح استان.

شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI): بسیاری از محققین خشکسالی، به قابلیت انعطاف‌پذیری SPI و قابلیت آن برای هر مقیاس زمانی اذعان داشته‌اند (هایس و همکاران، ۱۹۹۸). شاخص SPI برای هر منطقه براساس ثبت بارندگی‌های طولانی‌مدت آن محاسبه می‌شود. در ابتدا توزیع آماری مناسب، بر آمار بلندمدت بارندگی‌ها برآزش داده می‌شود. سپس تابع تجمعی توزیع با استفاده از احتمالات مساوی به توزیع نرمال تبدیل می‌گردد، به طوری که استاندارد شده و متوسط آن برای هر منطقه و دوره مورد نظر صفر شود (ادواردز و مک‌کی، ۱۹۹۷).

مقادیر مثبت SPI نشان‌دهنده بارندگی بیشتر از بارش متوسط و مقادیر منفی آن معنای عکس را دارد. طبق این روش دوره خشکسالی هنگامی اتفاق می‌افتد که SPI به طور مستمر منفی و به مقدار -۱ یا کمتر برسد و هنگامی پایان می‌یابد که SPI مثبت گردد. برای محاسبه این شاخص از رابطه ذیل استفاده می‌شود:

$$\text{SPI}_n = \frac{[P_i + \sum(P_{-i}) - \mu_n]}{\delta_n} \quad \text{معادله ۱:}$$

که در آن n = تعداد ماه‌هایی که بارندگی تجمعی برای آنها حساب شده است، P_0 = مقدار نرمال شده بارندگی ماه

فعلی، P_i = مقدار نرمال شده بارندگی ماه قبل، μ_n = میانگین مقدار بارندگی تجمعی برای n ماه و δ_n = انحراف معیار مقدار بارندگی برای ماه‌ها می‌باشد که طبقه‌بندی این شاخص آن در جدول ۱ آمده است:

منحنی شدت - مساحت - فراوانی: برای رسم منحنی‌های SAF در این تحقیق، دو نوع رویکرد مورد استفاده قرار گرفته است که عبارتند از تحلیل‌های مکانی احتمالاتی براساس میانگین سالانه با SPI‌های منفی و براساس تجمعی وزنی سالانه.

تفاوت این دو تحلیل در این است که در حالت اول در نقشه‌های ماهانه حاصل، سلول‌های با مقادیر SPI مثبت صفر شده و سپس میانگین‌گیری ساده به عمل می‌آید. در صورتی که در حالت تجمعی وزنی سالانه برای هر سلول از نقشه، وزنی در نظر گرفته می‌شود که برابر مجموع ماه‌های خشک تقسیم بر ۱۲ می‌باشد. در واقع با این عمل اثر طول دوره خشک وارد محاسبات می‌شود. در ادامه به شرح محاسبات مربوط پرداخته می‌شود. لازم به ذکر است که تحلیل‌های مکانی مورد نیاز با نوشتن برنامه‌هایی (script) در محیط نرم‌افزار ArcGIS، به انجام رسیده است.

جدول ۱ - طبقه‌بندی شاخص خشکسالی SPI (هایس و همکاران، ۱۹۹۹).

ارزش شاخص SPI	طبقه خشکسالی	فراوانی تجمعی (درصد)
۰ تا ۰/۹۹	نسبتاً نرمال	۵۰-۱۶
-۱ تا -۱/۹۴	متوسط	۶/۸-۱۵/۹
-۱/۵ تا -۱/۹۹	شدید	۲/۳-۶/۷
کمتر از -۲	بسیار شدید	<۲/۳

تهیه نقشه‌های ماهانه خشکسالی: همان‌گونه که در مقدمه اشاره گردید، برای تهیه نقشه‌های خشکسالی که بخشی از محاسبات لازم برای تهیه منحنی‌های SFA است، روش عکس مربع فاصله (IDW) انتخاب شد. در این روش ارزش هر نقطه از ناحیه مطالعاتی براساس میانگین‌گیری از ارزش داده‌های نمونه‌ای نقطه‌ای بر پایه فاصله صورت می‌گیرد، به طوری که نقاط نزدیک‌تر در محاسبات دارای

ارزش وزنی بیشتری می‌باشند. یک روش معمول برای محاسبه IDW، روش Shepard می‌باشد که مراحل محاسبات آن به صورت زیر است (فرانک و نیلسون، ۱۹۸۰):

$$F(x, y) = \sum_{i=1}^n w_i f_i \quad \text{معادله ۲:}$$

که در آن n تعداد نقاط نمونه‌ای پراکنده در سطح، f_i ارزش نقاط نمونه‌ای پراکنده و w_i تابع وزن هر نقطه پراکنده در سطح می‌باشد، که فرمول تابع وزن در زیر آورده شده است:

$$w_i = \frac{h_i^{-p}}{\sum_{j=1}^n h_j^p} \quad \text{معادله ۳}$$

p پارامتر توانی می‌باشد که برای این تحقیق برابر ۲ برآورد شد (اختری و همکاران، ۲۰۰۷) و h_i فاصله از نقاط نمونه اندازه‌گیری شده می‌باشد. بر این اساس نقشه‌های خشکسالی استان طی دوره آماری به‌طور ماهیانه و سالیانه رسم گردید.

منحنی SAF میانگین سالانه: برای رسم این سری از منحنی‌ها مراحل زیر دنبال شده است:

۱- تهیه نقشه‌های سلول (Raster) SPI سه ماهه در مقیاس زمانی سه ماهانه برای کل دوره آماری در منطقه طرح.

۲- ساخت نقشه سلولی میانگین شدت خشکسالی سالانه با جمع ماهانه مقادیر منفی SPI سه ماهه (ماه‌های خشک) در سلول‌ها (Pixel) و تقسیم آنها بر ۱۲ (مقادیر مثبت SPI در محاسبات دخالت داده نمی‌شوند).

۳- تعیین درصد مساحت شدت‌های مختلف خشکسالی با استفاده از نقشه‌های سلولی تهیه شده از مرحله بالا برای هر سال آبی.

۴- تحلیل فراوانی برای هر درصد مساحت خشکسالی محاسبه شده در بند قبل و برآورد مقادیر SPI سه‌ماهه برای دوره بازگشت‌های مختلف که شرح آن در ادامه ارائه خواهد شد.

۵- رسم منحنی شدت-مساحت-فراوانی (SAF) میانگین سالانه برای دوره بازگشت‌های متفاوت.

منحنی SAF تجمعی وزنی سالانه: مراحل رسم منحنی شدت-مساحت-فراوانی میانگین تجمعی سالانه مانند

قبل است و تنها همان‌گونه که اشاره گردید، طول دوره خشکسالی در محاسبات وارد می‌گردد.

تحلیل فراوانی داده‌ها: تحلیل فراوانی شاخص SPI

بخش مهم بعدی است. اما در تحلیل فراوانی آن، شاید این سوال پیش آید که این شاخص طی محاسبات ارقامی ذاتی از فراوانی را به خود می‌گیرد، مانند اینکه شاخص SPI با مقدار منفی ۲ فراوانی مساوی ۲ درصد و کمتر (دوره بازگشت ۵۰ ساله) را دارد. اما توجه گردد که برای این بخش، تنها مقادیر حداکثر منفی که نمایانگر خشکسالی‌ها هستند، بررسی شده‌اند و مقادیر مثبت و نرمال که معرف شرایط غیرخشک می‌باشند، حذف شده‌است. این کار مشابه تحلیل فراوانی دبی‌های روزانه است. چگالی احتمالاتی دبی‌ها هنگامی که تمامی آمار مورد بررسی قرار می‌گیرند و هنگامی که تنها مقادیر حداکثر و حداقل سالانه بررسی می‌گردند، تفاوت دارند (لوکاس و وسیلیادیس، ۲۰۰۴). لذا ارقام فراوانی مورد اشاره در بالا مربوط به کل SPI است و تحلیل انجام شده در اینجا تنها ارقام منفی را شامل می‌گردد که توزیع دیگری دارد.

برای تحلیل فراوانی داده‌ها، پس از تهیه نقشه‌های خشکسالی میانگین و تجمعی وزنی سالانه، محدوده SPI‌های منفی سه ماهه، برای مساحت‌های ۱۰، ۲۰، ... تا ۱۰۰ درصد مربوط محاسبه گردید و سپس میانگین هر محدوده برای تحلیل فراوانی مورد استفاده قرار گرفت.

برای این منظور ابتدا مقادیر منفی SPI سه ماهه به مقادیر مثبت تبدیل شده (لوکاس و وسیلیادیس، ۲۰۰۴) و توزیع‌های مختلف آماری بر روی آنها برآزش داده شد. توزیع‌های آماری که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفتند عبارتند از: توزیع GEV^۱، توزیع گاما ۲ پارامتره^۲،

1- Generalized Extreme Value
2- Gamma

توزیع گامبل^۱، توزیع پاریتو^۲، توزیع لوگ گامبل^۳، توزیع پیرسون تیپ III^۴ و توزیع لوگ پیرسون تیپ III^۵. برای انتخاب بهترین توزیع آماری و بررسی نکویی برازش این توزیع‌ها با داده‌های محاسبه شده دو پارامتر جمع مربع باقیمانده‌ها (RSS)^۶ و مربع کای (χ^2)^۷ به کار برده شد. با توجه به نتایج به دست آمده، توزیع آماری گامبل برای مقادیر منفی SPI سه ماهه نقشه‌های میانگین سالانه و توزیع آماری پاریتو برای مقادیر منفی SPI سه ماهه نقشه‌های تجمعی وزنی سالانه انتخاب گردید و منحنی‌های شدت-مساحت-فراوانی، SAF میانگین سالانه و تجمعی وزنی سالانه براساس آنها رسم شد (شکل‌های ۳ و ۴).

نتایج و بحث

تحلیل‌های احتمالاتی- مکانی خشکسالی شاخص: برای این بخش، منحنی‌های شدت-مساحت-فراوانی مربوط به ۷ مورد از خشک‌ترین سال‌های آبی (DHY) استان شامل سال‌های ۱۳۴۹-۵۰، ۱۳۶۰-۶۱، ۱۳۶۷-۶۸، ۱۳۶۷-۶۸-۶۹، ۱۳۶۸، ۱۳۷۵-۷۶، ۱۳۷۷-۷۸ و ۱۳۷۸-۷۹ روی منحنی‌های SAF حاصل از بخش قبل قرار داده شدند (شکل‌های ۵ و ۶).

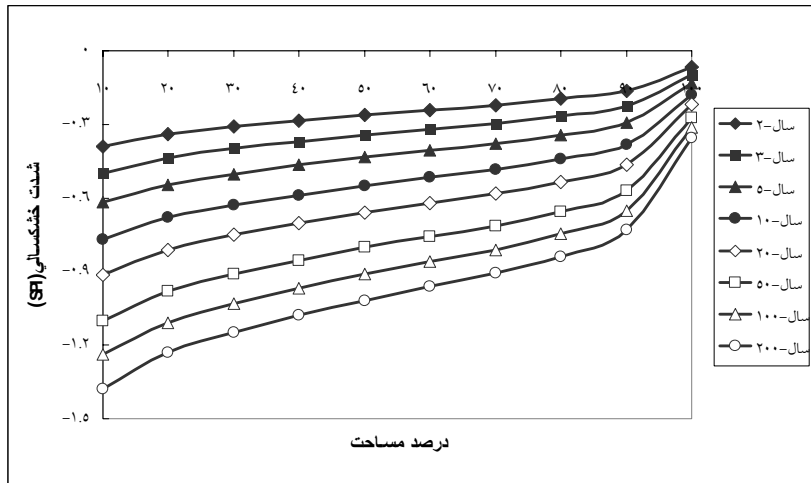
اولین نکته، قطع منحنی‌های SAF توسط منحنی‌های DHY است به طوری که همزمان با افزایش سطح از شدت خشکسالی‌ها نیز کاسته می‌شود.

منحنی‌های DHY هفت سال مورد بررسی ۳ روند کلی برای آنها را نشان می‌دهد (شکل ۵). خشکسالی‌های سال‌های ۱۳۴۹-۵۰، ۱۳۶۰-۶۱ و ۱۳۶۷-۶۸ هستند که

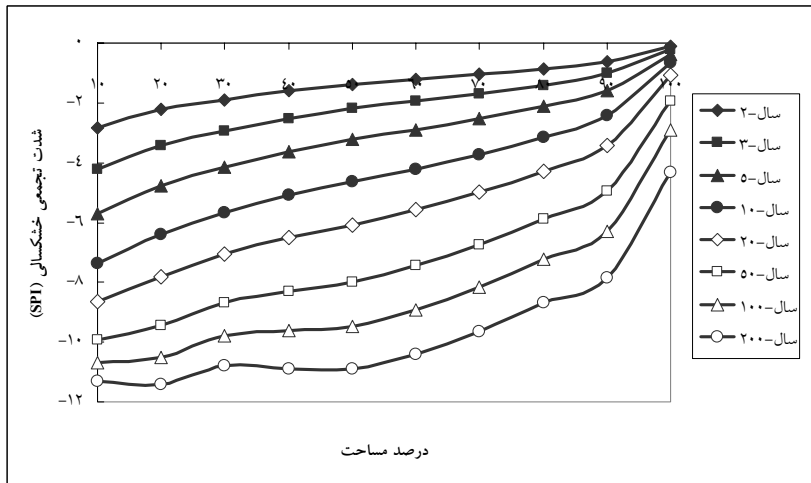
دوره بازگشتی حدود ۳ تا ۵ سال دارند. سری بعد خشکسالی‌های ۶۹-۱۳۶۸، ۷۸-۱۳۷۷ و ۷۹-۱۳۷۸ هستند که دوره بازگشت آنها بین ۱۰ تا ۲۰ سال است. خشکسالی سال ۷۶-۱۳۷۵ وضعیت کاملاً استثنایی دارد و عمدتاً حول و حوش منحنی SAF ۱۰۰ ساله است. شکل ۵ نشان می‌دهد که سری خشکسالی‌های ۳ تا ۵ سال در حداکثر مقدار خود، مقدار SPI برابر با ۰/۶- را دارند و به تدریج از آنها کاسته می‌شود به طور عمده حول مقدار ۰/۵- هستند. همین روال نیز برای سری دوم خشکسالی‌ها (۱۰ تا ۲۰) سال قابل مشاهده است که در حداکثر مقدار خود حدود ۰/۸- را دارا می‌باشند.

الگوی ۱۰۰ ساله استان تهران با حداکثر مقدار SPI برابر با ۱/۲- شروع می‌شود و به تدریج از مقدار آن کاسته می‌شود. وضعیت مشابهی نیز برای منطقه تسالی در یونان گزارش شد (لوکاس و وسیلیادس، ۲۰۰۴). بررسی این منحنی SAF و سپس DHY آن نشان داد که برای طبقه‌بندی SPI که مقادیر ۱- و کمتر را خشکسالی قلمداد می‌کند (جدول ۱)، تا ۲۰ سال استان در شرایطی قرار نمی‌گیرد که از آن بتوان به عنوان خشکسالی یاد کرد، به عبارتی با توجه به آنچه در شکل ۵ نشان داده شده است منحنی‌های SAF کمتر از دوره بازگشت ۲۰ ساله، همگی مقادیر SPI کمتر از ۱- را دارند، ولی باید توجه شود که این ارقام حاصل از مقادیر متوسط سالیانه هستند.

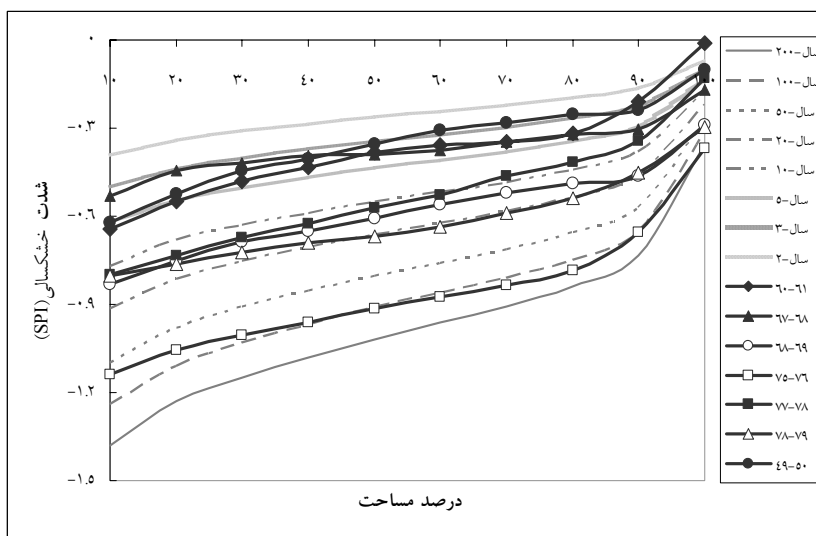
-
- 1- Gumbel
 - 2- Pareto
 - 3- Log Gumbel
 - 4- Pearson Type 3
 - 5- Log Pearson Type 3
 - 6- Residual Sum of Square
 - 7- Kay- Square



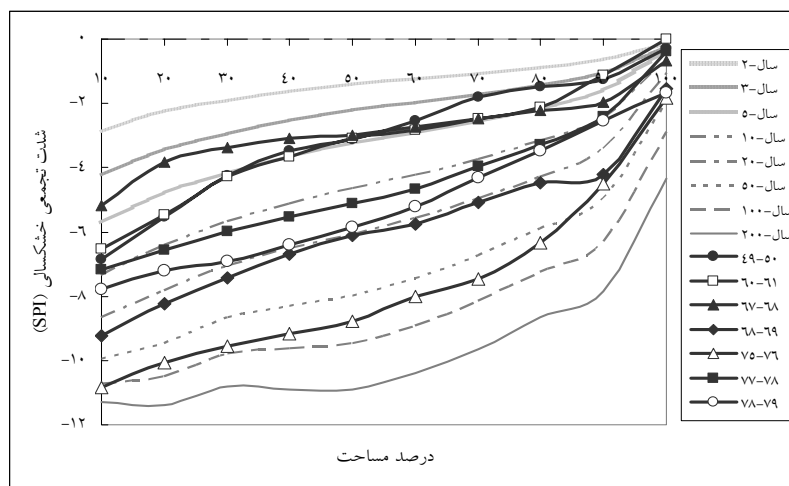
شکل ۳- منحنی SAF میانگین سالانه خشکسالی (توزیع گامبل).



شکل ۴- منحنی SAF تجمعی وزنی (توزیع Pareto).



شکل ۵- منحنی SAF میانگین سالانه با منحنی های DHY (گامبل).



شکل ۶- منحنی SAF تجمعی وزنی با منحنی‌های DHY (Pareto).

استفاده از منحنی‌های شدت-مساحت- فراوانی (SAF).

نتایج زیر از این تحقیق قابل ارائه می‌باشد:

۱- روش اتخاذ شده و منحنی‌های SAF در دو شکل شامل SAF میانگین سالانه خشکسالی و منحنی SAF تجمعی وزنی سالانه تهیه شد که تفاوت چندانی در تفسیر خشکسالی‌های گذشته استان به همراه نداشت.

۲- تحلیل مکانی خشکسالی‌های بارز اتفاق افتاده در استان تهران نشان داد که سال‌های ۵۰-۱۳۴۹، ۶۱-۱۳۶۰ و ۶۸-۱۳۶۷ دوره بازگشتی حدود ۳ تا ۵ سال، خشکسالی‌های ۶۹-۱۳۶۸، ۷۸-۱۳۷۷ و ۷۹-۱۳۷۸، دوره بازگشت ۱۰ تا ۲۰ سال و خشکسالی سال ۷۶-۱۳۷۵ دوره بازگشت صد ساله را داشته است و می‌توانند الگوهای مناسبی در این خصوص باشند. هرچند در تفسیر این الگوها که در مقیاس سالانه می‌باشد، توجه به رفتار مکانی خشکسالی در هر ماه ضروری است.

۳- برای تحلیل احتمالاتی این خشکسالی‌ها، نتایج برازش توزیع‌های آماری مختلف براساس مقادیر تجمعی تفاوت زیادی را به همراه داشت ولی برای حالت میانگین تفاوت نتایج چندان مشهود نبود.

۴- نتایج این تحقیق برای وسعت‌های بزرگ‌تر، می‌تواند ریسک خشکسالی را در مناطق مختلف را به‌طور دقیقی بیان نماید و در تعیین الویت‌های برنامه‌ریزی مقابله با خشکسالی به‌کار رود.

مقادیر حداقل و حداکثر SPI ماهیانه برای دوره‌های

خشکسالی‌ها طی ماه‌های بارندگی در جدول ۲ آمده است. ملاحظه می‌گردد به‌عنوان مثال در دی ماه سال ۱۳۷۵ مناطقی از استان تا SPI برابر با $-4/33$ را نیز تجربه کرده‌اند. لذا در بررسی الگوهای پیشنهادی شدت-مساحت- فراوانی خشکسالی در بالا، باید مجموع اطلاعات خشکسالی آنها مورد بررسی و استفاده قرار گیرند.

قسمت آخر این بخش مربوط به تحلیل منحنی‌های SAF تجمعی می‌باشد که در شکل ۶ نشان داده شده است. همان‌گونه که قبلاً اشاره شد تفاوت آن با شکل ۵ در دخالت مدت دوره خشکسالی است. ملاحظه می‌گردد که تغییراتی به‌وجود آمده است مانند این‌که خشکسالی ۱۳۶۸-۶۹ شدیدتر از شکل ۵ در شکل ۶ این دو جایجا شده‌اند به‌عبارتی طول دوره خشکسالی ۷۹-۱۳۷۸ به‌گونه‌ای بوده که آن را شدیدتر از سال ۶۹-۱۳۶۸ نشان می‌دهد اما در مجموع الگوهایی که براساس شکل ۵ حاصل شده بود، همچنان قابل توصیه هستند.

نتیجه‌گیری

این مقاله تلاشی بود برای بررسی خشکسالی‌های مهم استان تهران از منظر گستره خشکسالی و شدت آنها با

منابع

1. Akhtari, R., Morid, S., Mahdian, M.H., and Smakhtin, V. 2007. Assessment of areal interpolation methods for spatial analysis of SPI and EDI drought indices. Available on site: <http://www.interscience.wiley.com/journal/117932911/abstract?cretry=1&sretr>
2. Arshad, S., Morid, S., Mobasheri, M.R., and Agha Alikhani, M. 2007. Development of Agricultural Drought Risk Assessment Model for Kermanshah Province (Iran), using Satellite data and Intelligent Methods. Proceeding: The first international conference on Drought Management, Zaragoza, Spain, 12 to 14 Jun, 2008. 303-310.
3. Edwards, D.C., and Mckee, T.B. 1997. Characteristics of 20th century drought in the United States and multiple time scale. Climatology Report Number 67-2, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
4. Frank, D., and Nielson, F. 1980. Inverse Distance Weighted Interpolation. Available on site: www.scientificsoftwaregroup.com/sslhosts/ems-I/sms/help/Data_Module/Interpolation/Inverse_Distance_Weighted.htm.
5. Hayes, M.J., Svoboda, M.D., Wilhite, D.A., and Vanyarkho, O.V. 1998. Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index. Bulletin of American Meteorological Society, 80: 429-438.
6. Hayes, M.J., Svoboda, M.D., Wilhite, D.A., and Vanyarkho, O.V. 1999. Monitoring the 1996 Drought using the Standardized Precipitation Index, National Drought Mitigation Center, Lincoln, Nebraska.
7. Hidsal, H., and Talaksen, L.M. 2003. Estimation of regional meteorological and hydrological drought characteristics: A case study for Denmark. Journal of Hydrology, 281: 230-247.
8. Loukas, A., and Vasiliades, L. 2004. Probabilistic analysis of drought spatiotemporal characteristics in Thessaly Region, Greece. Natural Hazards and Earth System Sciences, 4: 719-731.
9. Mishra, A.K., and Desai, V.R. 2006. Drought forecasting using feed-forward. Ecological modeling, 198: 127-138.
10. Morid, S., Ghaemi, H., Moghadasi, M., and Paymozd, S. 2004. Design of Tehran Drought Monitoring System. The Iranian Ministry of Energy. Pp 210.
11. Quiring, S.M., and Papakryiakou, T.N. 2003. An evaluation of agricultural drought indices for the Canadian prairies. Journal of Agricultural and forest Meteorology, 1: 46-62.
12. Rossi, G., Bendini, M., Tsakiris, G., and Ggiakoumakis, S. 1992. On regional drought Estimation and Analysis. Water resource management, 6: 249-277.
13. Santos, M.J., Verissimo, R., Fernandez, S., Orlando, M., and Rodrigues, R. 2000. Overview of regional meteorological drought Analysis on Western Europe. ARIDE Technical Report no.10. Lisbon, Portugal. Pp. 104.
14. Wu, H., Wilhite, D.A., Hubbard, G.K. 2004. An agricultural drought risk-assessment model for corn soybeans. Journal of Royal Meteorological Society, 24: 723-741.

جدول ۲- مقادیر حداقل و حداکثر SPI ماهیانه برای دوره‌های خشکسالی طی ماه‌های بارندگی در منطقه مورد مطالعه.

۷۹-۱۳۷۸		۷۸-۱۳۷۷		۷۶-۱۳۷۵		۶۹-۱۳۶۸		۶۸-۱۳۶۷		۶۱-۱۳۶۰		۵۰-۱۳۴۹		سال
MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	ماه
-۱,۹	۱,۶	-۱,۲۸	۰,۲۸	-۱,۲۵	۱,۲۵	-۱,۶۵	۰,۵۳	-۰,۷۴	۱,۹۴	-۱,۹	۲,۱۶	-۲,۳۵	-۰,۶۹	آبان
-۱,۵۳	۲,۰۵	-۱,۸۸	۰,۰۸	-۲,۸۴	۰,۵	-۱,۱۳	۰,۶۵	-۱,۳۵	۱,۳۱	-۲,۸۵	۱,۱۸	-۱,۴۸	۰,۹۴	آذر
-۱,۸۵	۱,۱۳	-۱,۹۱	۱,۵۱	-۴,۰۹	-۰,۰۶	۱-	۰,۸۵	-۳,۵۱	۱,۰۳	-۳,۴۳	۱,۰۵	-۲,۴۱	۱,۸۴	دی
-۱,۱۵	۱,۲۷	-۱,۹۱	۱,۸۹	-۴,۳۳	-۱,۴	-۰,۶۲	۱,۵۲	-۱,۹۱	۱,۲	-۲,۴۴	۲,۵۶	-۱,۶۹	۱,۶	بهمن
-۱,۴۸	۰,۷۸	-۱,۹	۲,۲۲	-۳,۲۹	-۰,۴۵	-۱,۸۷	۰,۹۶	-۱,۹۱	۱,۴۷	-۲,۰۸	۲,۴۵	-۲,۰۲	-۰,۰۱	اسفند
-۱,۳۵	۰,۷	-۲,۸	۱,۶۳	-۱,۷۶	۰,۵	-۱,۳۱	۰,۴۵	-۱,۹۱	۰,۶۷	-۱,۷۷	۲,۵۱	-۱,۴۳	۰,۶۷	فروردین
-۳,۱۷	-۰,۸۴	-۲,۵۸	۰,۷۶	-۱,۶۱	۰,۳۷	-۲,۳۷	-۰,۴۹	-۱,۹۴	۰,۰۶	-۳,۷۳	۰,۷۹	-۱,۲۲	۰,۸۳	اردیبهشت
-۲,۹	-۰,۶۷	-۲,۷۷	-۰,۱	-۱,۱۹	۰,۸	-۲,۴۳	-۰,۵۴	-۱,۷	-۰,۲۶	-۲,۱۴	۱,۲	-۰,۴۲	۱	خرداد

Probabilistic analysis of spatial-temporal characteristics of droughts severity in Tehran Province

H. Hosseini Safa¹ and *S. Morid²

¹M.Sc. student, Dept. of Water Resources, Tarbiat Modares University, Iran,

²Associate Prof., Dept. of Water Resources, Tarbiat Modares University, Iran

Abstract

The severity and spatial characteristics of drought are two important factors that are crucial to be considered while developing drought contingency plans. This paper aims to investigate important Tehran province drought events from this view point using severity-area-frequency (SAF) curves and 3 months Standardized Precipitation Index (SPI). For this purpose, monthly drought maps were prepared for the period of 1971 to 2005 and their spatial variations were assessed. The results showed that the 1971, 1982 and 1989 droughts have return periods of 3 to 5 years. While the 1990, 1999 and 2000 are representatives of 10 to 20 year return periods. Finally, the 1997 drought, which is the severest drought within the recorded period, was identified as 100 years return period. These droughts can be considered as relevant patterns to show spatial behavior of the province droughts. However to interpret these pattern, it is necessary to assess the monthly drought maps as well as SAF curves.

Keywords: Drought; Severity-Area-Frequency Curve; SPI; Tehran Province